

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПЛАЗМЕ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.10
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	7 семестр - 59,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Тестирование Проверочная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	7 семестр - 0,3 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Афанасьев В.П.
	Идентификатор	Rd662399b-AfanasyevVP-e234fce

(подпись)

В.П. Афанасьев

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4


(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дедов А.В.
	Идентификатор	R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4

(подпись)

А.В. Дедов

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение основ физики элементарных процессов в плазме для последующего использования полученных знаний при освоении последующих профильных дисциплин

Задачи дисциплины

- освоение основных понятий физики плазмы, в том числе высокотемпературной плазмы, явлений, в ней происходящих и методов ее теоретического описания;
- освоение основных принципов формирования дифференциальных сечений упругого и неупругого процессов рассеяния атомных частиц в плазме, в том числе высокотемпературной плазме;
- приобретение навыков расчета дифференциальных сечений упругого и неупругого процессов рассеяния атомных частиц в плазме, в том числе высокотемпературной плазме;
- приобретение навыков восстановления из экспериментальных данных дифференциальных сечений упругого и неупругого процессов рассеяния атомных частиц в плазме, в том числе высокотемпературной плазме.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-5 Способен принимать участие в расчетах характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования, ядерных и плазменных установок	ИД-5ПК-5 Владеет подходами, направленными на получение данных о сечениях рассеяния в термоядерной плазме и данных о сечениях взаимодействия плазмы с материалами	знать: - основные источники научно-технической информации по физике элементарных процессов в плазме; физические основы взаимодействия высокотемпературной плазмы с поверхностями; - основные понятия физики элементарных процессов в плазме и методы ее экспериментального и теоретического исследования взаимодействия частиц в плазме. уметь: - применять фундаментальные знания для решения задач применительно к реальным процессам; - выполнять расчеты сечений процессов, протекающих в термоядерном реакторе на основе существующих методик; - использовать основные законы физики элементарных процессов в плазме в профессиональной деятельности, применять методы математической физики имитационного моделирования, явлений взаимодействия высокотемпературной плазмы с конструктивными поверхностями.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Материал дисциплин: «Математика», «Физика (общая)», «Электродинамика», «Иностранный язык»

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры	8	7	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Проведение исследований:</u> Работа выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы:</p> <p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> В рамках расчетно-графического задания выполняется чертеж конструкции. Для выполнения чертежей выполняются предварительные расчеты основных показателей, которые указываются на чертеже. Задание выполняется индивидуально по вариантам. В качестве тем задания применяются следующие:</p> <p><u>Подготовка курсового проекта:</u> Курсовой проект выполняется по индивидуальному заданию. В рамках работы необходимо рассчитать основные показатели работы оборудования, выбрать оптимальное решение. Курсовой проект предусматривает пояснительную записку с расчетами и графическую часть. В задание входит расчет следующих показателей:</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры"</p>
1.1	Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры	8		4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	

													выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], Введение стр. 4 – 6 [2], гл. 8, стр. 206-221
2	Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений	16	6	-	2	-	-	-	-	-	8	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], П. 1.1., стр. 6 – 23 [2], стр. 126-127
2.1	Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений	16	6	-	2	-	-	-	-	-	8	-	
3	Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха	25.7	8	-	2	-	-	-	-	-	15.7	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], П. 1.2., стр. 24 – 41
3.1	Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха	25.7	8	-	2	-	-	-	-	-	15.7	-	
4	Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория	20	6	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], П. 1.2.2., стр. 28 – 33
4.1	Нелокальные потери	20	6	-	4	-	-	-	-	-	10	-	

	энергии. Квантовомеханически й подход. Классическая дисперсионная теория													
5	Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов	20	4	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], П. 1.2.5., стр. 37 –41
5.1	Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов	20	4	-	4	-	-	-	-	-	-	12	-	
6	Эксперименты по характеристическим потерям энергии	18	4	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], П. 2., стр. 45 – 57
6.1	Эксперименты по характеристическим потерям энергии	18	4	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	108.0	32	-	16	-	-	-	-	-	0.3	59.7	-	
	Итого за семестр	108.0	32	-	16	-	-	-	-	-	0.3	59.7	-	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры

1.1. Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры

Особенности сечений элементарных процессов в высокотемпературной плазме. Взаимодействие электронов, ионов и излучений высокотемпературной плазмы с конструкционными материалами установок термоядерного синтеза. Дифференциальные и интегральные сечения процессов упругого и неупругого рассеяния. Моменты сечений, характерные пробеги и их физический смысл.

2. Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений

2.1. Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений

Процессы рассеяния атомных частиц в высокотемпературной и низкотемпературной плазме. Упругое рассеяние электронов на атомах. Атом-атомное упругое рассеяние, обратное резерфордовское рассеяние, спектроскопия рассеяния медленных ионов, полуфеноменологические потенциалы упругого рассеяния.

3. Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха

3.1. Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха

Неупругое рассеяние электронов, Оже-процесс. Неупругое атом-атомное рассеяние, критерий Мессе. Основные виды процессов парного соударения частиц в плазме и их характеристики. Теория Томпсона тройного процесса. Сечение ионизации, формула Бете-Блоха. Плазма твердого тела, рассеяние на плазмонах.

4. Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория

4.1. Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория

Операторы, собственные функции, собственные значения. Уравнения Шредингера. Прохождение частиц и их отражение от потенциальных барьеров. Прохождение частиц и их отражение от потенциальных барьеров. Альфа распад, автоионизация. Водородоподобные системы. Статистическая модель атома. Двухатомная молекула. Упругие и неупругие столкновения частиц. Квантовая теория рассеяния частиц. Борновское приближение.

5. Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов

5.1. Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов

Многokrатное упругое рассеяние. Формирование угловых распределений упруго-отраженных электронов и ионов. Апробация дифференциальных сечений упругого рассеяния.

6. Эксперименты по характеристическим потерям энергии

6.1. Эксперименты по характеристическим потерям энергии

Торможение частиц в плазме. Экспериментальные методы измерения сечений, эффекты многократного рассеяния. Отрицательные ионы. Методы определения энергии связи электрона в отрицательном ионе. Образование отрицательных ионов. Фотораспад отрицательных ионов. Разрушение отрицательных ионов при столкновении с атомами.

3.3. Темы практических занятий

1. Восстановление дифференциальных сечений неупругого рассеяния электронов из экспериментов по характеристическим потерям энергии электронов;
2. Аprobация дифференциальных сечений упругого рассеяния электронов на основе интерпретации экспериментов по угловым распределениям упруго-отраженных электронов;
3. Дифференциальные сечения неупругого рассеяния электронов. Дифференциальные сечения неупругого рассеяния ионов. Расчет параметров торможения ионов на основе фитинга с данными таблицами Андерсена и Цигглера;
4. Дифференциальные сечения упругого рассеяния электронов и ионов. Сечения Резерфорда и Хенли и Гринштейна. Расчет параметров сечений на основе фитинга с данными NIST.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	
Знать:								
основные понятия физики элементарных процессов в плазме и методы ее экспериментального и теоретического исследования взаимодействия частиц в плазме	ИД-5ПК-5	+						Тестирование/Тест 2. Тест на знание границ применимости Теории Томпсона, Теории Бете-Блоха
основные источники научно-технической информации по физике элементарных процессов в плазме; физические основы взаимодействия высокотемпературной плазмы с поверхностями	ИД-5ПК-5	+						Тестирование/Тест 1. Тест на знание энергетической и угловой зависимости сечения Резерфорда
Уметь:								
использовать основные законы физики элементарных процессов в плазме в профессиональной деятельности, применять методы математической физики имитационного моделирования, явлений взаимодействия высокотемпературной плазмы с конструкционными поверхностями	ИД-5ПК-5		+	+				Тестирование/Тест 3. Тест по энергоанализаторам
выполнять расчеты сечений процессов, протекающих в термоядерном реакторе на основе существующих методик	ИД-5ПК-5			+	+	+	+	Проверочная работа/Защита первой части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов электронного рассеяния, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям, представленным в NIST»)
применять фундаментальные знания для решения задач применительно к реальным процессам	ИД-5ПК-5					+	+	Проверочная работа/Защита второй части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования

										сечения Резерфорда для расчета процессов рассеяния легких ионов, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям полученным на основе потенциала КгС»)
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Защита второй части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов рассеяния легких ионов, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям полученным на основе потенциала KrC ») (Проверочная работа)
2. Защита первой части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов электронного рассеяния, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям, представленным в NIST») (Проверочная работа)
3. Тест 1. Тест на знание энергетической и угловой зависимости сечения Резерфорда (Тестирование)
4. Тест 2. Тест на знание границ применимости Теории Томпсона, Теории Бете-Блоха (Тестирование)
5. Тест 3. Тест по энергоанализаторам (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Афанасьев, В. П. Сечения упругого и неупругого рассеяния электронов и легких ионов килоэлектронвольтовых энергий в твердых телах : учебное пособие по курсам "Физика элементарных процессов в плазме", "Взаимодействие частиц и излучений с конструкционными материалами" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. П. Афанасьев, С. Д. Федорович, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ "МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 59 с. - ISBN 978-5-7046-1894-2 .
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9991;
2. Р. Ньютон- "Теория рассеяния волн и частиц", Издательство: "Мир", Москва, 1969 - (600 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483306>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
12. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
13. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
14. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Н-207, Учебно-научная лаборатория для анализа поверхности	рабочее место сотрудника, стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, оборудование учебное, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Н-207, Учебно-научная лаборатория для анализа поверхности	рабочее место сотрудника, стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, оборудование учебное, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Н-207, Учебно-научная лаборатория для анализа поверхности	рабочее место сотрудника, стол, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, оборудование учебное, компьютер персональный, принтер, инвентарь специализированный
Помещения для	А-110,	стол преподавателя, стол компьютерный,

самостоятельной работы	Вычислительная лаборатория	стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования
Помещения для консультирования	А-208, Преподавательская	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	А-025, Кладовка лабораторного оборудования	стеллаж, оборудование специализированное

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Элементарные процессы в плазме

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Тест 1. Тест на знание энергетической и угловой зависимости сечения Резерфорда (Тестирование)
- КМ-2 Тест 2. Тест на знание границ применимости Теории Томпсона, Теории Бете-Блоха (Тестирование)
- КМ-3 Тест 3. Тест по энергоанализаторам (Тестирование)
- КМ-4 Защита первой части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов электронного рассеяния, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям, представленным в NIST») (Проверочная работа)
- КМ-5 Защита второй части расчетного задания («Определение границ применимости и параметра экранирования сечения Резерфорда для расчета процессов рассеяния легких ионов, на основе сравнения с данными по дифференциальным сечениям полученным на основе потенциала KrC») (Проверочная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	15	16
1	Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры						
1.1	Взаимодействие частиц в плазме. Взаимодействие плазмы с поверхностями материалов. Элементарные процессы, характерные параметры		+	+			
2	Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений						
2.1	Сечения упругого рассеяния. Сечение Резерфорда. Степенная аппроксимация упругих сечений				+		
3	Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха						
3.1	Сечения неупругого рассеяния. Теория Томпсона. Процесс ионизации. Теория Бете-Блоха				+	+	
4	Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория						
4.1	Нелокальные потери энергии. Квантовомеханический подход. Классическая дисперсионная теория					+	
5	Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов						

5.1	Эксперименты по угловым распределениям упруго-отраженных электронов и ионов				+	+
6	Эксперименты по характеристическим потерям энергии					
6.1	Эксперименты по характеристическим потерям энергии				+	+
Вес КМ, %:		15	15	15	25	30